



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 06 143 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>s</sup>:  
**F 25 B 49/02**  
F 25 D 29/00

**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

21 Aktenzeichen: 195 06 143.8  
22 Anmeldetag: 22. 2. 95  
23 Offenlegungstag: 5. 9. 96

DE 19506143 A1

71 Anmelder:  
Danfoss A/S, Nordborg, DK

74 Vertreter:

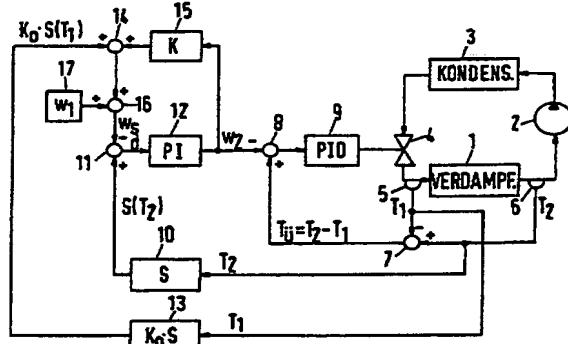
② Erfinder:  
Schmidt, Frede, Soenderborg, DK

56 Entgegenhaltungen:  
DE 37 13 869 C2

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

## 54 Verfahren zur Regelung der Überhitzungstemperatur des Kältemittels in einer Verdampfereinrichtung einer Kälte- oder Wärmepumpenanlage und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

57) Bei einem Verfahren zur Regelung der Überhitzungstemperatur ( $T_0$ ) des Kältemittels in einer Verdampfereinrichtung (1) einer Kälte- oder Wärmepumpenlage (1-4) sind die Verdampfereinrichtung (1), eine Kompressoreinrichtung (2), ein Kondensator (3) und eine steuerbare Expansionsventileinrichtung (4) in einem geschlossenen Kreis hintereinander angeordnet. Die Überhitzungstemperatur ( $T_0$ ) wird in Abhängigkeit von einem Soll-Istwert-Vergleich geregelt. Der Sollwert ( $w_s$ ) der Überhitzungstemperatur ( $T_0$ ) wird selbsttätig in Abhängigkeit von einer Abweichung ( $d$ ) einer periodisch ermittelten Funktion (S) einer Anzahl von Abtastwerten einer Temperatur ( $T_1$ ;  $T_2$ ) des Kältemittels von einem Bezugswert ( $w_r$ ) im Sinne einer stabilen Regelung der Überhitzungstemperatur ( $T_0$ ) verändert. Um eine optimale Füllung und Optimierung der Überhitzung bei derartigen Anlagen, bei denen sich der Verdampferdruck stark ändert, zu erreichen, ist dafür gesorgt, daß die erwähnte Funktion (S) die Variabilität einer Anzahl von Abtastwerten der Temperatur ( $T_2$ ) des Kältemittels am Ausgang der Verdampfereinrichtung (4) um einen Mittelwert der Abtastwerte charakterisiert.



## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Regelung der Überhitzungstemperatur des Kältemittels in einer Verdampfereinrichtung einer Kälte- oder Wärmepumpenanlage, bei der die Verdampfereinrichtung, eine Kompressoreinrichtung, ein Kondensator und eine steuerbare Expansionsventileinrichtung in einem geschlossenen Kreis hintereinander angeordnet sind und die Überhitzungstemperatur in Abhängigkeit von einem Soll-Istwert-Vergleich geregelt wird, wobei der Sollwert der Überhitzungstemperatur selbsttätig in Abhängigkeit von einer Abweichung einer periodisch ermittelten Funktion einer Anzahl von Abtastwerten einer Temperatur des Kältemittels von einem Bezugswert im Sinne einer stabilen Regelung der Überhitzungstemperatur verändert wird.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung dieser Art sind aus der DE 37 13 869 C2 bekannt. Dort wird der Überhitzungstemperatur-Sollwert den jeweiligen Betriebsbedingungen, wie Kälteleistung, Unterkühlung, Verdampfungstemperatur usw., unabhängig von der Art des Kältemittels selbsttätig angepaßt. Die Anpassung wird dadurch bewirkt, daß der Überhitzungstemperatur-Sollwert sprungartig in Abhängigkeit von der Änderungsgeschwindigkeit der Überhitzungstemperatur geändert wird und außerdem dann, wenn die Überhitzungstemperatur vorbestimmte Grenzwerte über- oder unterschreitet.

Die Überhitzungstemperatur kann als Differenz der Temperatur des Kältemittels am Ausgang der Verdampfereinrichtung, d. h. der Dampftemperatur, und seiner Temperatur am Eingang der Verdampfereinrichtung oder direkt (als wahre Überhitzung) als Differenz zwischen der Kältemitteltemperatur am Ausgang der Verdampfereinrichtung und der Verdampfungstemperatur ermittelt werden.

Die Temperatur des Kältemittels am Ausgang der Verdampfereinrichtung ist vom Grad der Füllung der Verdampfereinrichtung mit Kältemittel und von der Umgebungstemperatur, beispielsweise der Lufttemperatur, abhängig, während die Temperatur des Kältemittels am Eingang der Verdampfereinrichtung vom Druck in der Verdampfereinrichtung abhängt. In der Praxis mißt man häufig den Druck am Ausgang der Verdampfereinrichtung als Maß für die Verdampfungstemperatur.

Das Meßsignal der Überhitzungstemperatur und seine Änderungsgeschwindigkeit ändern sich daher auch bei Änderungen der Verdampfungstemperatur. Bei Kälte- oder Pumpanlagen, bei denen die Temperatur des Kältemittels am Eingang der Verdampfereinrichtung instabil ist, ist auch die Überhitzungstemperatur instabil, selbst wenn der die Verdampfereinrichtung verlassende Kältemitteldampf eine ausreichende Überhitzungstemperatur hat. Bei Kälteanlagen für Supermärkte werden derzeit häufig mehrere an eine Kompressoreinrichtung mit mehreren Kompressorstufen angeschlossene Verdampfer verwendet. Das bedeutet, daß der Ausgangsdruck der Verdampfereinrichtung stark schwanken kann. Ferner kann bei dem Verfahren nach der DE 37 13 869 C2 die Überhitzungstemperatur auf einen zu hohen Wert eingestellt werden, so daß die Verdampfereinrichtung nicht optimal mit Kältemittel gefüllt und der Wirkungsgrad zu gering wird. Außerdem können bei kurzzeitigen raschen Schwankungen der Überhitzungstemperatur oder dem Empfang kurzer elektrischer Störsignale aufgrund des bei dem bekannten Verfahren angewandten Differentiations groÙe Sollwertänderungen ausgelöst werden, obwohl die Schwankungen oder Störispulze in dem Zeitpunkt, in dem sich die Änderung des Sollwertes auswirkt, bereits wieder verschwunden sind.

Sodann erfordert die dort angewandte digitale Differentiation eine Vielzahl von Abtastwerten, um die Änderungsgeschwindigkeit der Überhitzungstemperatur mit hinreichender Genauigkeit und Geschwindigkeit zu ermitteln. Dies setzt wiederum eine hohe Speicherkapazität in dem hierfür verwendeten Mikroprozessor voraus.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, das bzw. die eine optimale Füllung der Verdampfereinrichtung und eine Optimierung der Überhitzungstemperatur bei Kälte- und Wärmepumpenanlagen sicherzustellen, bei denen der Dampfdruck starken Schwankungen unterliegen kann.

Verfahrensmäßig zeichnet sich die erfundungsgemäße Lösung dadurch aus, daß die erwähnte Funktion die Variabilität einer Anzahl von Abtastwerten der Temperatur des Kältemittels am Ausgang der Verdampfereinrichtung um einen Mittelwert der Abtastwerte charakterisiert.

Die Variabilität oder Streuung ist ein Maß für die Stabilität der Temperatur des Kältemittels am Ausgang der Verdampfereinrichtung. Je höher die Stabilität ist, umso geringer kann der Überhitzungstemperatur-Sollwert gewählt werden. Entsprechend höher ist auch der Wirkungsgrad der Kälte- bzw. Wärmepumpenanlage. Der Bezugswert bestimmt hierbei quasi den Sollwert der Variabilität der Kältemittel-Dampftemperatur am Ausgang der Verdampfereinrichtung.

Vorzugsweise ist dafür gesorgt, daß die Größe einer die Variabilität einer Anzahl von Abtastwerten der Verdampfungstemperatur des Kältemittels in der Verdampfereinrichtung um einen Mittelwert dieser Abtastwerte charakterisierenden Funktion dem Bezugswert überlagert wird. Dadurch wird praktisch eine Erhöhung des Bezugswertes bzw. Sollwertes für die Variabilität der Dampftemperatur am Ausgang der Verdampfereinrichtung bewirkt, wenn die Verdampfungstemperatur des Kältemittels sehr instabil ist, d. h. sich ihre Variabilität erhöht. Gleichzeitig wird eine größere Variabilität der Dampftemperatur toleriert, wenn die Verdampfungstemperatur stärker schwankt.

Die Größe der die Variabilität der Verdampfungstemperatur charakterisierenden Funktion kann mit einem Faktor gewichtet werden. Auf diese Weise wird eine Instabilität der Verdampfungstemperatur anders als eine Instabilität der Dampftemperatur berücksichtigt. Der Faktor kann beispielsweise 0,5 betragen.

Vorzugsweise ist dafür gesorgt, daß der Überhitzungstemperatur-Sollwert nach einer Gewichtung mit einem Faktor dem Bezugswert überlagert wird. Diese Überlagerung hat den weiteren Vorteil, daß eine höhere Variabilität der Dampftemperatur am Ausgang der Verdampfereinrichtung zulässig ist, wenn der Überhitzungstemperatur-Sollwert und damit die Überhitzungstemperatur ansteigt.

Der Sollwert der Überhitzungstemperatur kann nach einer PI-Funktion von jener Abweichung abhängig sein.

Eine rasche Änderung dieser Abweichung wirkt sich dann nicht sprungartig, sondern nur allmählich auf den Sollwert der Überhitzungstemperatur aus.

Günstig ist es, wenn die Funktion der Abtastwerte zumindest angenähert eine Standardabweichung ist. Eine solche Standardabweichung lässt sich leicht nach einem statistischen Verfahren periodisch ermitteln.

Vorzugsweise ist die Funktion der Abtastwerte die Standardabweichung

5

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}$$

10

in der  $n$  die Anzahl der einzelnen Abtastwerte  $x_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) in einem vorbestimmten Zeitabschnitt und  $\bar{x}$  der arithmetische Mittelwert der Abtastwerte  $x_i$  ist. Diese Standardabweichung, auch "mittlere quadratische Abweichung" oder "Standardabweichung zweiter Ordnung" genannt, stellt bei entsprechender hoher Anzahl der Abtastwerte ein sehr genaues Maß der Variabilität der Abtastwerte und damit der jeweiligen Temperatur (Verdampfungstemperatur oder Dampftemperatur) dar.

15

Es ist aber auch möglich, daß die Funktion die angenäherte Standardabweichung

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\bar{x} - x_i|$$

20

ist, in der  $n$  die Anzahl der einzelnen Abtastwerte  $x_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) in einem vorbestimmten Zeitabschnitt und  $\bar{x}$  der arithmetische Mittelwert der Abtastwerte  $x_i$  ist. Diese angenäherte Standardabweichung ist in der Praxis in der Regel ausreichend und lässt sich mit geringerem rechentechnischem Aufwand und größerer Geschwindigkeit ermitteln.

25

Hierbei lässt sich der Aufwand und die Rechengeschwindigkeit noch weiter steigern, wenn die  $i$ -te Standardabweichung  $S_i$  nach der folgenden Funktion gebildet wird

30

$$S_i = \frac{(n-1) \cdot S_{i-1} + |\bar{x} - x_i|}{n}$$

wobei der  $i$ -te Mittelwert  $\bar{x}_i$  nach der Funktion

35

$$\bar{x}_i = \frac{(n-1) \cdot \bar{x}_{i-1} + x_i}{n}$$

40

gebildet wird.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens weist vorzugsweise einen Mikroprozessor auf, dem Meßwerte der in der Verdampfereinrichtung herrschenden Verdampfungstemperatur des Kältemittels und der am Ausgang der Verdampfereinrichtung herrschenden Temperatur des Kältemittels sowie der Bezugswert digital zuführbar sind und der die Expansionsventileinrichtung steuert.

45

Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachstehend anhand von Zeichnungen bevorzugter Ausführungsbeispiele näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens am Beispiel einer Kälteanlage,

50

Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens am Beispiel einer Kälteanlage und

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel einer in der Vorrichtung nach Fig. 1 enthaltenen Funktionseinheit.

Nach Fig. 1 enthält eine Kälteanlage in einem geschlossenen Kreis hintereinander: eine Verdampfereinrichtung 1 aus einem Verdampfer oder wenigstens zwei parallelgeschalteten Verdampfern, eine Kompressoreinrichtung 2 aus einem Kompressor oder mehreren parallelgeschalteten Kompressoren, einen Kondensator und eine steuerbare Expansionsventileinrichtung 4 aus einem oder mehreren Expansionsventilen, die jeweils mit einem der Verdampfer der Verdampfereinrichtung 1 in Reihe geschaltet sind. Durch einen Fühler 5 wird auf der Eingangsseite der Verdampfereinrichtung 1 die Temperatur  $T_1$  des Kühlmittels als Maß für dessen Verdampfungstemperatur gemessen. Als Maß für die Verdampfungstemperatur  $T_1$  kann aber auch der Dampfdruck auf der Ausgangsseite der Verdampfereinrichtung 1 entnommen werden. Ein weiterer Fühler 6 misst die Ausgangstemperatur der Verdampfereinrichtung 1 als Maß für die Dampftemperatur  $T_2$  des verdampften Kühlmittels. Ein Summierglied 7 bildet die Differenz der Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  als Maß für die Überhitzungstemperatur  $T_0$  des Kühlmitteldampfes. Die Überhitzungstemperatur  $T_0$  wird in einem Summierglied 8 mit einem Sollwert  $w_2$  der Überhitzungstemperatur verglichen. Das Vergleichsergebnis wird als Regelabweichung über ein PID-Glied 9 einem Steuereingang der Expansionsventileinrichtung 4 zugeführt. Dadurch wird die Überhitzungstemperatur  $T_0$  so geregelt, daß sie gleich dem Sollwert  $w_2$  ist.

55

Der Meßwert der Dampftemperatur  $T_2$  des Kältemittels am Ausgang der Verdampfereinrichtung 1 wird einer Funktionseinheit 10 in Form einer Recheneinheit zugeführt, in der die Standardabweichung  $S$  nach der Funktion

60

65

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2} \quad (1)$$

5 gebildet wird, in der  $n$  die Anzahl der einzelnen Abtastwerte  $x_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) und  $\bar{x}$  der arithmetische Mittelwert der Abtastwerte  $x_i$  der Dampftemperatur  $T_2$  ist. Diese Standardabweichung stellt ein Maß für die Variabilität der Abtastwerte um einen arithmetischen Mittelwert und mithin ein recht genaues Maß der Stabilität der Dampftemperatur dar.

10 Statt nach Gleichung (1) kann die Standardabweichung auch angenähert nach der Gleichung

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\bar{x} - x_i| \quad (2)$$

15 gebildet werden. Diese angenäherte Standardabweichung ist in der Praxis ausreichend zur Ermittlung der Variabilität der Dampftemperatur  $T_2$  und lässt sich auf einfachere Weise, d. h. mit geringerem rechentechnischen Aufwand, und schneller ermitteln.

20 Die Standardabweichung  $S$  der Dampftemperatur  $T_2$  wird einem weiteren Summierglied 11 zugeführt und von diesem mit einem Sollwert  $w_s$  der Standardabweichung verglichen. Die Regelabweichung  $d$  wird über ein PI-Glied 12 als Sollwert  $w_2$  der Überhitzungstemperatur  $T_0$  dem Summierglied 8 zugeführt.

25 Von der durch den Fühler 5 gemessenen Verdampfungstemperatur  $T_1$  wird in einer weiteren Funktionseinheit 13 die Standardabweichung  $S$  in der gleichen Weise wie in der Funktionseinheit 10, jedoch mit einem konstanten Faktor  $K_0$  von etwa 0,5 gewichtet, gebildet. Der am Ausgang der Funktionseinheit 13, bei der es sich ebenfalls um eine Recheneinheit handeln kann, auftretenden, gewichteten Standardabweichung der Verdampfungstemperatur  $T_1$  wird in einem weiteren Summierglied 14 der in einem P-Glied 15 mit einem konstanten Faktor  $K$  von etwa 0,1 gewichtete Sollwert  $w_2$  der Überhitzungstemperatur überlagert. Die Ausgangsgröße des Summiergliedes 14 wird in einem weiteren Summierglied 16 dem von einem Bezugswertgeber 17 erzeugten Bezugswert  $w_1$  für die Standardabweichung  $S$  der Ausgangs- bzw. Dampftemperatur  $T_2$  überlagert, so daß sich am Ausgang des Summiergliedes 16 der Sollwert  $w_s$  der Standardabweichung  $S$  von  $T_2$  ergibt.

30 Prinzipiell sind die Baueinheiten 12 bis 16 jedoch nicht erforderlich. Nachstehend sei daher die Wirkungsweise der in Fig. 1 dargestellten Regeleinrichtung ohne die Baueinheiten 12 bis 16 betrachtet.

35 In diesem Falle entspricht der Sollwert  $w_s$  unverändert dem Bezugswert  $w_1$  und der Sollwert  $w_2$  der Abweichung  $d$ . Wenn die Temperatur  $T_2$  stark schwankt, ergibt sich am Ausgang der Funktionseinheit 10 eine entsprechend hohe Standardabweichung  $S(T_2)$  und dementsprechend eine hohe Abweichung  $d$  bzw. ein hoher Sollwert  $w_2$  der Überhitzungstemperatur  $T_0$ . Infolgedessen wird durch entsprechende Drosselung des Durchflusses des Kältemittels durch die Expansionseinrichtung 4 die Überhitzungstemperatur  $T_0$  erhöht. Dies führt zu einer Verringerung der Verstärkung der Verdampfereinrichtung 1 und damit zu einer Verringerung der Schwingungen der Ausgangstemperatur  $T_2$ . Mit zunehmender Stabilität der Ausgangstemperatur  $T_2$  verringert sich auch die Standardabweichung  $S(T_2)$ , bis schließlich die Abweichung  $d$  verschwindet und die Ausgangstemperatur  $T_2$  weitgehend stabil ist. Die Überhitzungstemperatur  $T_0$  wird mithin so geregelt, daß die Standardabweichung  $S(T_2)$  gleich dem Sollwert  $w_2 = w_1 = \text{const.}$  vorzugsweise etwa 1 ist.

40 Wenn eine noch höhere Stabilität der Ausgangs- oder Dampftemperatur  $T_2$  erwünscht ist, kann die Funktionseinheit 13 zusätzlich vorgesehen und von der Eingangstemperatur  $T_1$  die Standardabweichung, multipliziert mit dem Gewichtsfaktor  $K_0$ , gebildet und zum Bezugswert  $w_1$  durch das Summierglied 16 addiert werden, sei es ohne oder zusätzlich zu dem mit dem Faktor  $K$  im P-Glied 15 gewichteten Überhitzungstemperatur-Sollwert  $w_2$ . Ohne die Rückführung des Überhitzungstemperatur-Sollwerts  $w_2$  über das P-Glied 15 wird der Sollwert  $w_s$  um die gewichtete Standardabweichung  $K_0 \cdot S(T_1)$  erhöht, so daß bei zunehmender Instabilität der Eingangs- bzw. Verdampfungstemperatur  $T_1$ , ausgehend von einem stationären Zustand, bei dem  $d = 0$  ist, der Überhitzungstemperatur-Sollwert  $w_2$  abnimmt und mithin die Expansionsventileinrichtung 4 weiter geöffnet wird und die Überhitzungstemperatur  $T_0$  abnimmt.

45 Die Hinzunahme der Rückführung des Überhitzungstemperatur-Sollwerts  $w_2$  über das P-Glied 15, d. h. die Addition des mit dem Übertragungsfaktor  $K$  von etwa 0,1 gewichteten Überhitzungstemperatur-Sollwerts  $w_2$  zur gewichteten Standardabweichung  $K_0 \cdot S(T_1)$  bzw. zum Bezugswert  $w_1$ , so daß der Sollwert  $w_s$  der Standardabweichung  $S(T_2)$  stärker zunimmt, wenn der Überhitzungstemperatur-Sollwert  $w_2$  ansteigt, wirkt einem zu raschen Anstieg des Überhitzungstemperatur-Sollwerts  $w_2$  entgegen. Dies trägt sowohl zur Stabilisierung der Temperatur  $T_2$  als auch der Überhitzungstemperatur  $T_0$  bei.

50 Wenn dann noch das PI-Glied 12 vorgesehen ist, wird dadurch einer zu raschen Änderung des Überhitzungstemperatur-Sollwerts  $w_2$  aufgrund einer raschen Änderung der Abweichung  $d$  entgegengewirkt. Dies trägt zur Stabilisierung beider Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  bei.

55 In der Regeleinrichtung nach Fig. 1 können die Baueinheiten 7 bis 17 analog oder digital ausgebildet sein. Sodann ist es möglich, nur die Funktionseinheiten 10 und 13 als zwei getrennte oder eine einzige digitale Recheneinheit auszubilden, wobei im Falle einer digitalen Ausbildung entsprechende Analog/Digital-Umsetzer bzw. Digital/Analog-Umsetzer vorgesehen sind.

60 Fig. 2 veranschaulicht eine rein digitale Ausbildung der in Fig. 1 dargestellten Regeleinrichtung 7 bis 16 in Form eines Mikroprozessors 18 mit Analog/Digital-Umsetzern 19 und 20 für die Digitalisierung der gemessenen Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$ , bevor sie in den Mikroprozessor 18 eingegeben werden, und einem Digital/Analog-

Umsetzer 21 für das Ausgangssignal des Mikroprozessors 18, das die Ventileinrichtung 4 steuert. Anstelle der beiden Analog/Digital-Umsetzer 19 und 20 kann auch nur ein Analog/Digital-Umsetzer vorgesehen sein, der abwechselnd an die Fühler 5 und 6 angeschaltet wird. Der Mikroprozessor 18 enthält eine Zentraleinheit, einen Arbeitsspeicher und einen Eingangsspeicher zur Aufnahme der Meßwerte, aus dem sie dann zur Verarbeitung durch die Zentraleinheit abgerufen werden. Die Zentraleinheit führt im Zeitmultiplexverfahren die Funktionen aller Baueinheiten 7 bis 16 aus. Der Bezugswertgeber 17 ist in diesem Falle digital ausgebildet. Er kann aber auch analog ausgebildet sein; gegebenenfalls ist dann ein Analog/Digital-Umsetzer zwischen dem Bezugswertgeber 17 und dem Mikroprozessor 18 vorgesehen.

Zur Realisierung der angenäherten Standardabweichung  $S$  gemäß Gleichung (2) kann jede der Funktionseinheiten 10 und 13 so ausgebildet sein, wie es am Beispiel der Funktionseinheit 10 in Fig. 3 dargestellt ist, wobei die Funktionseinheit 13 lediglich zusätzlich noch ein (nicht dargestelltes) P-Glied mit dem Übertragungsfaktor  $K_0$  aufweisen müßte.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die gemessene Temperatur  $T_2$  zum einen über ein Verzögerungsglied 22 erster Ordnung mit der Verzögerungszeit oder Zeitkonstanten  $\tau$  (wobei "p" der Laplace-Operator  $\sigma + j\omega$  ist) dem einen Eingang und zum anderen direkt dem anderen Eingang eines Subtrahiergliedes 23 zugeführt. Die Ausgangsgröße  $E$  des Subtrahiergliedes 23 wird über ein Betragsbildungsglied 24 einem weiteren Verzögerungsglied 25 erster Ordnung mit der gleichen Zeitkonstanten  $\tau$  zugeführt. Am Ausgang des Verzögerungsgliedes 25 ergibt sich dann die Standardabweichung  $S$  der Temperatur  $T_2$  gemäß Gleichung (2). Die Verzögerungsglieder 22 und 25 können beispielsweise als einfache RC-Glieder mit der Zeitkonstanten  $\tau = RC$  ausgebildet sein, die die Funktion eines Glättungsfilters erster Ordnung haben. Das Subtrahierglied 23 kann einfach als Differenzverstärker ausgebildet sein. Bei dem Betragsbildungsglied 24 kann es sich um einen Zweiweg-Gleichrichter handeln.

Die Zeitkonstante  $\tau$  kann beispielsweise etwa 150 s betragen. Ferner kann die Periodendauer der Abtastungen der Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  etwa 1 s betragen, wobei zu Beginn jeder Sekunde ein neuer Meßwert abgetastet wird.

Die Funktionsglieder 22 bis 25 können auch rein digital durch den Mikrocomputer 18 realisiert werden.

Die Ermittlung der angenäherten Standardabweichung gemäß Gleichung (2) wird gegenüber der Ermittlung der Standardabweichung gemäß Gleichung (1) bevorzugt, weil letztere einen höheren Schaltungsaufwand und eine größere Speicherkapazität sowie eine längere Zeit für die Berechnung erfordert. So müßten bei digitaler Realisierung durch den Mikrocomputer 18 alle  $n$  Abtastwerte im Speicher abgespeichert werden, wobei jede Sekunde ein neuer Abtastwert hinzukommt, während der in der Reihenfolge älteste Meßwert gelöscht wird, woraufhin alle Summen wieder neu berechnet werden müßten. Eine solche Funktionseinheit wäre für einen Echtzeit-Betrieb in der Regel zu langsam. Die Realisierung der angenäherten Standardabweichung gemäß Gleichung (2) erfordert dagegen weniger Rechenschritte und eine geringere Speicherkapazität, so daß dieses Verfahren schneller und mit geringem Aufwand auszuführen bzw. zu realisieren ist.

In Fällen, in denen ein höherer Aufwand in Kauf genommen werden kann, ist es auch möglich, statt der Standardabweichung zweiter Ordnung gemäß Gleichung (1) oder der Standardabweichung erster Ordnung gemäß Gleichung (2) eine Standardabweichung dritter Ordnung gemäß der nachstehenden Gleichung zu berechnen:

$$S = \sqrt[3]{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^3} \quad (3)$$

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Überhitzungstemperatur ( $T_0$ ) des Kältemittels in einer Verdampfereinrichtung (1) einer Kälte- oder Wärmepumpenanlage (1-4), bei der die Verdampfereinrichtung (1), eine Kompressoreinrichtung (2), ein Kondensator (3) und eine steuerbare Expansionsventileinrichtung (4) in einem geschlossenen Kreis hintereinander angeordnet sind und die Überhitzungstemperatur ( $T_0$ ) in Abhängigkeit von einem Soll-Istwert-Vergleich geregelt wird, wobei der Sollwert ( $W_2$ ) der Überhitzungstemperatur ( $T_0$ ) selbsttätig in Abhängigkeit von einer Abweichung ( $d$ ) einer periodisch ermittelten Funktion ( $S$ ) einer Anzahl ( $n$ ) von Abtastwerten ( $x_i$ ) einer Temperatur ( $T_1; T_2$ ) des Kältemittels von einem Bezugswert ( $w_1$ ) im Sinne einer stabilen Regelung der Überhitzungstemperatur ( $T_0$ ) verändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die erwähnte Funktion ( $S$ ) die Variabilität einer Anzahl ( $n$ ) von Abtastwerten ( $x_i$ ) der Temperatur ( $T_2$ ) des Kältemittels am Ausgang der Verdampfereinrichtung (4) um einen Mittelwert ( $\bar{x}$ ) der Abtastwerte ( $x_i$ ) charakterisiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe einer die Variabilität einer Anzahl ( $n$ ) von Abtastwerten ( $x_i$ ) der Verdampfungstemperatur ( $T_1$ ) des Kältemittels in der Verdampfereinrichtung (1) um einen Mittelwert ( $\bar{x}$ ) dieser Abtastwerte ( $x_i$ ) charakterisierenden Funktion ( $S$ ) dem Bezugswert ( $w_1$ ) überlagert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe der die Variabilität der Verdampfungstemperatur ( $T_1$ ) charakterisierenden Funktion ( $S$ ) mit einem Faktor ( $K_0$ ) gewichtet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Überhitzungstemperatur-Sollwert ( $w_2$ ) nach einer Gewichtung mit einem Faktor ( $K$ ) dem Bezugswert ( $w_1$ ) überlagert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwert ( $w_2$ ) der Überhitzungstemperatur ( $T_0$ ) nach einer PI-Funktion von jener Abweichung ( $d$ ) abhängig ist.

# DE 195 06 143 A1

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion (S) der Abtastwerte ( $x_i$ ) zumindest angenähert eine Standardabweichung (S) ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion der Abtastwerte die Standardabweichung

5

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}$$

10

ist, in der n die Anzahl der einzelnen Abtastwerte  $x_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) in einem vorbestimmten Zeitabschnitt und  $\bar{x}$  der arithmetische Mittelwert der Abtastwerte  $x_i$  ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion die angenäherte Standardabweichung

15

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\bar{x} - x_i|$$

20

ist, in der n die Anzahl der einzelnen Abtastwerte  $x_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) in einem vorbestimmten Zeitabschnitt und  $\bar{x}$  der arithmetische Mittelwert der Abtastwerte  $x_i$  ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die i-te Standardabweichung  $S_i$  nach der folgenden Funktion gebildet wird

25

$$S_i = \frac{(n-1) \cdot S_{i-1} + |\bar{x} - x_i|}{n}$$

30

wobei der i-te Mittelwert  $\bar{x}_i$  nach der Funktion

35

$$\bar{x}_i = \frac{(n-1) \cdot \bar{x}_{i-1} + x_i}{n}$$

gebildet wird.

40

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Mikroprozessor (18) aufweist, dem Meßwerte der in der Verdampfereinrichtung (1) herrschenden Verdampfungstemperatur ( $T_1$ ) des Kältemittels und Meßwerte der am Ausgang der Verdampfereinrichtung (1) herrschenden Temperatur ( $T_2$ ) des Kältemittels sowie der Bezugswert ( $w_i$ ) digital zuführbar sind und der die Expansionsventileinrichtung (4) steuert.

45

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

Fig.1

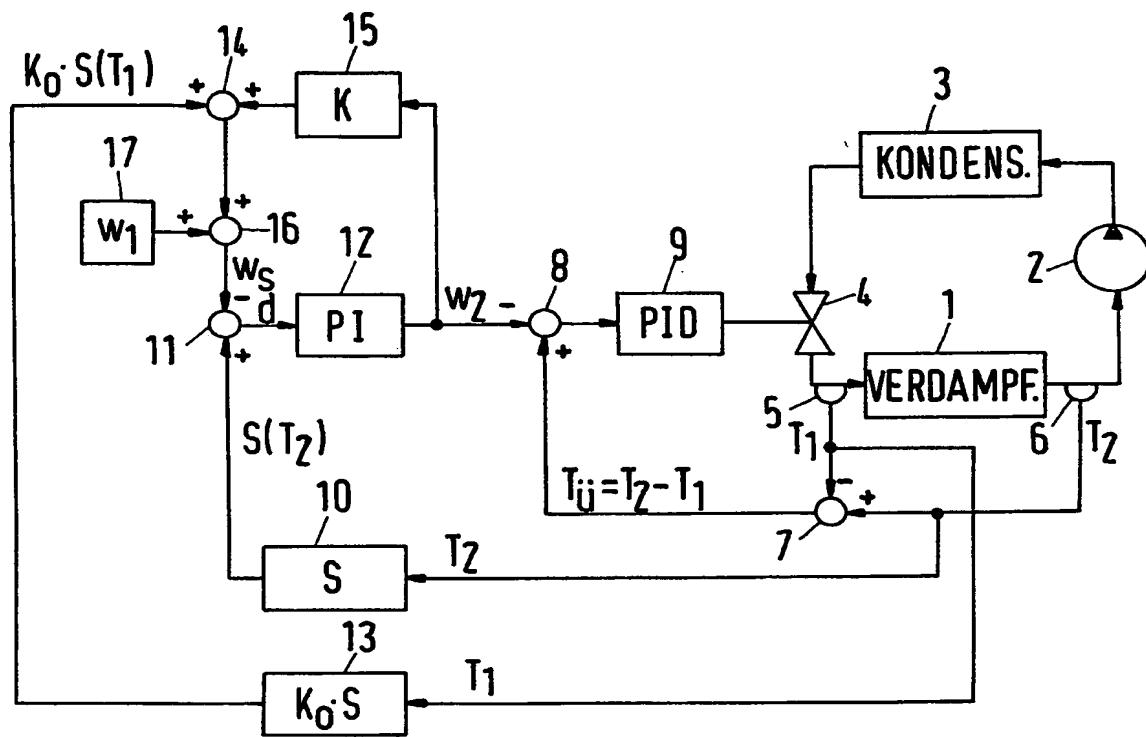


Fig.2

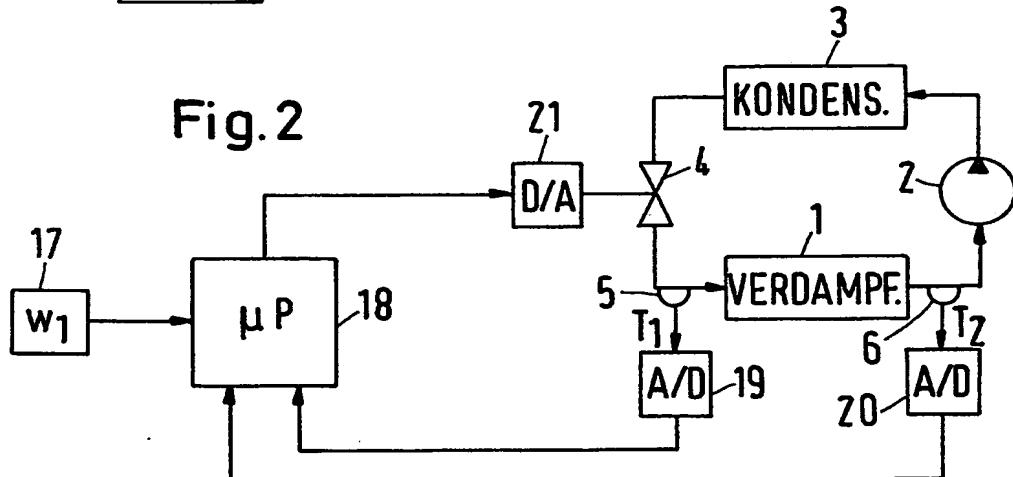


Fig.3

